（独立行政法人環境再生保全機構地球環境基金助成事業）

平成１８年度

インドネシア国スラバヤ市における分別収集・堆肥化による廃棄物減量化・リサイクル促進事業

報　告　書

2007 年 3 月

（財）北九州国際技術協力協会

まえがき

本報告書は、独立行政法人環境再生保全機構地球環境基金の助成を得て実施した、「インドネシア国スラバヤ市における分別収集・堆肥化による廃棄物減量化・リサイクル促進事業」（平成 16 年度～平成 18 年度）の成果として、スラバヤ市の環境 NGO（PUSDAKOTA）への生ごみ堆肥化の技術移転を基に、スラバヤ市内のモデルコミュニティで実施された堆肥化活動とごみバンク活動、また市場から出る生ごみの堆肥化について評価を行い、まとめたものです。

事業実施にあたりましては、環境再生保全機構をはじめ北九州市及びスラバヤ市、（株）ジェイペック、PUSDAKOTA、BALI FOKUS ほか国内外機関の多くのご協力を頂きました。

本誌を借りて関係各位に厚く御礼申しあげます。

2007 年 3 月

（財）北九州市国際技術協力協会

目　　次

１　背景　・・・

1 背景

人口約 300 万人を抱えるスラバヤ市では、毎日 8700m3 ものごみを投棄しており、市内唯一のブノオ処分場の残余期間が 5 年とされ、また新たな処分場建設地の確保が困難であった。したがって、投棄されるごみを減量化する必要に迫られていた。

2 目的

投棄ごみを減量化するために、一般ごみに注目し、発生源の状況を捉えた上で下記の目的を果たすこととした。

- 処分場の延命（投棄ごみの減量）
- 住民レベルからのごみの分別
- 生ごみの堆肥化とリサイクル可能物の資源化
- 生活衛生環境の向上
- コミュニティエンパワーメント
- NGO 活動拡大
- 行政マネジメント力の向上

3 事業概要

スラバヤ市の一般ごみの約 50%は生ごみであり、堆肥化することで資源化が図れると同時に処分場の延命化が達成できる。したがって現地にてまず生ごみの堆肥化事業に取り組んだ。

生ごみの堆肥化にはごみの分別が不可欠で、その実施には住民レベルからの協力が求められる。そのため、現地環境 NGO（PUSDAKOTA）がすでに、住民への啓発活動を実施、生ごみを分別しコンポストセンターに集め、堆肥化する事業を実施していた。しかしながら住民の生ごみ分別後の保管状況が好ましくなく、週に2度の回収のため、各家庭において悪臭や害虫が発生しており住民は困っていた。また集められた生ごみについてもコンポストセンターで自然に腐敗させ土に戻す方法での堆肥化だったため、堆肥化に3ヶ月を要するとともに悪臭が酷く、ねずみが住みつき、またハエなどの害虫発生源となっており、周辺住民からの苦情が絶えなかった。

以上の状況から、PUSDAKOTA がこれまでに行ってきた既存技術のノウハウを盛り込みながら適正な堆肥化技術を移転し、PUSDAKOTA を拠点とした取組みを開始することにした。まず生ごみを適正に発酵させるための発酵菌群の製造に取り掛かった。何より移転した技術が現地に根付き、取組みが容易に継続でき、さらに彼ら自身で各地に拡大普及できるようにとの思いから、現地にある材料・資材のみ利用し、ローコスト、ローエネルギー、シンプルテクノロジーでの技術移転を目指した。したがって、米ぬか、もみ殻、砂糖きび汁に現地の発酵食品であるテンペ（大豆の発酵食品）及びタペ（米・芋類の発酵食品）に利用されるそれぞれの菌を加えて培養した。こうしたものから作られた発酵菌群は安全性も高く、また培養時に 60 度以上

を 2 時間以上保てるため、人体に有害な菌や雑草種子は死滅もしくは不活性化する。我々はそうした現地に最も相応しい発酵菌群を NM(Native Microorganism)と名づけた。

次に住民が各自で堆肥化ができる装置(コンポスト容器)を現地の NGO と共に開発した。この装置についても現地で容易に入手できる資材(ランドリーバスケット、ダンボール、NM など)を利用したものである。住民それぞれが台所から生ごみを直接、装置の中に入った発酵菌に混ぜ込むことで堆肥化を行うことができ、悪臭の発生をなくし、また害虫の発生も防止した。この装置は、Takakura Home Method(THM)と呼ばれ、技術移転先の PUSDAKOTA がインドネシアでの特許(偽防止のための防御特許として)も取得している。

装置は各コミュニティや個人が購入しており、一部では市政府が補助金制度も導入している。容器の中に入れられた NM が特徴的で、これらの効果により約 2 日で台所から発生した生ごみの形がなくなる。値段は1セット(容器＋スコップ＋取扱説明書)で日本円にして約 900 円。2004 年 11 月に開発し、2006 年 12 月には約 7,000 セットが普及した。スラバヤ市政府は4年後にはスラバヤ市全域約 60 万世帯(300 万人)のうち、20 万世帯(100 万人)に普及する計画で普及拡大を進めている。

この装置を導入したコミュニティでは生ごみによる衛生状況改善も図ることができ、住民からは子供達の病気の原因が減少したと喜ばれている。また彼らはできたコンポストを使って植物を育てており、コミュニティ内が緑に覆われ、美しい町へと変わった。

また装置を使わない家庭についても生ごみの保管状況を改善する取組みも進めた。保管容器に生ごみを投入後、NM を振り掛けて腐敗状態ではなく発酵状態のままコンポストセンターに集め、そこで新たな方式(Takakura Susun Method と、Windrow 新方式)を用いて、堆肥化を行っている。Takakura Susun Method は、ビール瓶ケースのようなコンテナ内部を穀物袋で覆った通気性の良い容器であり、それを積み重ねることで発酵状態における管理を容易にした。特に発酵初期においては、発酵に必要な酸素の供給不足による腐敗状態に陥りやすいため、この方式は効果的である。その後、発酵中期以降は従来方式である Windrow 新方式を効果的に利用している。Windrow 方式とは山形に生ごみを積み込む堆積発酵方式だが、我々は温度管理を徹底し、酸素の供給と水分量調整のための切り返しの頻度を効率的に適正化した。すなわち提供技術と既存技術との融合である。これにより、悪臭はなく、害虫の発生もなく、衛生的に 14 日間でコンポストが完成している。現在はわずか 6m×8m のセンター内(生ごみ搬入場所を除く)で 1050 世帯の生ごみからコンポストが製造されている。

上記事業によりごみの減量化は図れたが、それ以外に堆肥化を実施したコミュニティでは前述のとおり、生ごみから発生していた悪臭が消え、ハエやネズミが激減し、また完成したコンポストによる販売利益により町の街灯や道路舗装が整備されるなど住環境が大きく改善された。

上記の成果を受けて、その後スラバヤ市からの要請により市内にある東ジャワ州最大の市場から出る生ごみの堆肥化に取り込んだ。この市場から出る生ごみは 1 日60m^3に達し、毎日1時間30分かけて7台のトラックで処分場に運ばれている。新鮮な生ごみが単にごみとして投

棄される状況であり、コンポストの需要も高いスラバヤ市において市政府が本格的に堆肥化に取り組むこととなった。

まず市場から出る生ごみをPUSDAKOTA管理のコンポストセンターに運び、実験を繰り返し、温度状態を確かめながら、NM との混合率、適正な水分量、切り返しのタイミングなどのコンポスト化の最適条件を捉え、その後2m^{3}を処理するためのパイロットプラントとしてのコンポストセンターを市場横の敷地に建設し堆肥化を開始した。市場から出る生ごみと NM を適正に混合し、破砕機にかけて細かく砕いた後、Windrow 新方式を用いて発酵を開始させ、70℃以上の温度を4日間ほど推移させた後、10日間でコンポストが完成する。臭いもなく、汚れた排水も全く出ない。また市場横という立地のため、あたりにはコンポストセンターに起因しないハエが多く、生ごみの搬入時などにハエが寄り、卵が産み付けられはするが、Windrow 成型後半日で60℃以上となるため、卵が孵ることはなく、うじ虫とハエの発生は無い。このように管理された状況下で製造されたコンポストは安全性と品質も高く、衛生的なコンポストセンターの運営が可能となった。また、多くの市民達が買い物に訪れる市場横のコンポストセンターは市民への環境教育の施設としても活用されており、また学生達の研究材料にもなっている。

このパイロットプラントの成功を受けてスラバヤ市は独自予算で60m^{3}の全量を堆肥化できるコンポストセンターを6箇所に建設することとし、現在4箇所が稼働中。残りの2箇所も今年中に稼動を開始する。これらコンポストセンターは、市内各所に分散させており、近い将来近隣の住民から出る生ごみの堆肥化も取り入れる計画である。なお現在一部でその取り組みが開始されている。作られたコンポストは、現在市内の公園及び街路樹や街路にある花壇などで利用されており、製造が追いつかない状況である。将来的には市場と結びつきの大きい農家への販売にも取り掛かる計画で、すでに有機栽培を行っている農家や有機肥料としてのコンポスト利用を考えている農家も調査済みである。生ごみから作られた高品質のコンポストは、肥料や土壌改良としての効果が高いとはすでに日本でも知られており、我々がスラバヤで同様に製造しているコンポストは、テンペ菌やタペ菌を使用しているため、さらに植物に有効なビタミン類やホルモン類の生成も期待され、実際に試験圃場で育成している植物の状況が良好であると共に育てられた野菜類の評価も高い。

上記のとおり、ごみは分別することによって生ごみが資源に変わり、利益を生むことができた。その結果、住民達のごみ分別に対する意識が向上し、生ごみ以外の有価物の分別も容易に取り組めるようになり、コミュニティレベルで古紙、瓶、缶、ペットボトル、金属、など分別収集し、事業者へ売り払い収入を得る「ごみバンク」活動も実施されている。

以上、ごみの減量化と共に住民の住環境衛生状況の改善が図られた事業ではあるが、さらに事業実施により温暖化ガスが削減できることが判明した。処分場に投棄されてメタンガスの発生源となっていた生ごみが、好気性発酵による堆肥化により、メタンガスが発生することなく資源化できる。この成果については、環境大臣から平成18年度地球温暖化防止環境大臣表彰を財団法人北九州国際技術協力協会及び北九州市の推薦により技術提供元の(株)ジェイペックが受賞したところである。

4 ごみ減量化活動評価

4-1 コミュニティーレベル堆肥化活動

4-1-1 現地に適したコンポスト方式の導入

コンポスト方式の検討を実施する前にコミュニティーの生ごみの排出実態を地元 NGO とともに実施した。

⑴ 1 軒目

保管方法；通気性のあるビニール袋に入れて屋外の地面に保管
植物の皮：スイカ、マンゴー、バナナ、とうもろこし、ジャックフルーツ、じゃがいも
植物の葉：ぶどう、バナナ
他植物類：とうもろこしの芯、さやえんどう豆、キャベツの芯
他　　：卵の殻
※うじ虫数多い、腐敗が激しい

⑵ 2 軒目

保管方法；ビニール袋に入れて屋外で吊り下げて保管
植物の皮：マンゴー、バナナ、オレンジ、ジャックフルーツ
他植物類：葉野菜の茎、ココナッツの白い部分、ごはんの残り
他　　：卵の殻
※うじ虫なし、腐敗が激しい

⑶ 3 軒目

保管方法；ビニール袋に入れて屋外で吊り下げて保管
植物の皮：きゅうり、人参、マンゴー、バナナ、にんにく、玉葱、とうもろこし
植物の葉：紅茶殻
他植物類：とうもろこしの芯、キャベツの芯、ごはんの残り、セロリの芯
他　　：卵の殻、鶏の骨、揚げ物の残り（とうもろこし製）
※腐敗が激しい

⑷ 4 軒目

保管方法；専用プラスチック容器に入れて屋内に保管
植物の皮：スイカ、マンゴー、バナナ、メロン、きゅうり
他植物類：ごはんの残り、ハーブの茎、ピーナッツの殻、ココナッツの白い部分
他　　：卵の殻
※ゴキブリ生息、腐敗が激しい

⑸ 5 軒目

保管方法；ビニール袋に入れて屋外で吊り下げて保管
植物の皮：人参
他植物類：葉野菜の茎、キャベツの芯、ごはんの残り
他　　：卵の殻

※うじ虫多い、腐敗が激しい

(6)６軒目

保管方法；ビニール袋に入れて屋外で吊り下げて保管

植物の皮：マンゴー、バナナ、とうもろこし、ジャックフルーツ、なし、ランプータン

植物の葉：バナナ

他植物類：葉野菜の茎、ごはんの残り、ハーブの茎、ココナッツの白い部分

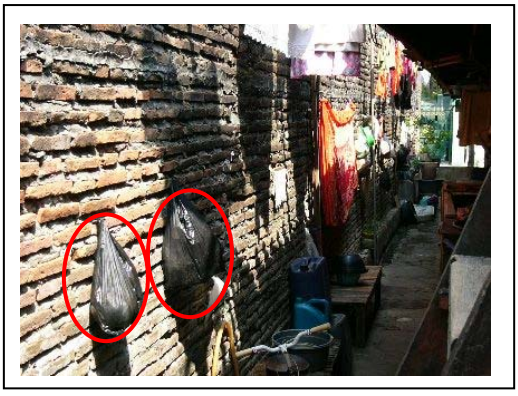
他　　：卵の殻

※腐敗が激しい

各家庭での共通点として、「保管中の腐敗はかなり進み、臭気・うじ虫・ハエの発生はかなりひどく、また、ネズミが保管中の生ごみをあさることもある。」という事である。すなわち、生ごみは廃棄物の約 1/2 を占めるだけでなく、住環境と衛生環境を阻害する大きな要因であることが分かってきた。

写真－1　コミュニティの町並み

写真－2　保管状況-1



写真－3　保管状況-2

写真－4　保管状況-3

写真－5　保管状況-4(下宿)

写真－6　調査の様子

写真－7　生ごみの様子-1

写真－8 生ごみの様子-2(ゴキブリ発生)

また、聞き取り調査から、食生活の中心は野菜類が主体で、肉類・魚類は高価なため生ごみとしてはほとんど出ないことが分かり、コンポスト化の原料となる生ごみの炭素／窒素比は４０程度であると考えられた。

表－１各成分の炭素／窒素比

材　料　名	炭素（%）	窒素（%）	炭素／窒素比
ぬか	４４．６	２．７９	１６
もみ殻	３４．６	０．３６	９６
種菌培養物 ぬか：もみ殻：ｻﾄｳｷﾋﾞ絞り水 ＝１０：３：５	４２．３＋α	２．２３	約２０
こう茶カス	５０	４．５４	１１
メロン茎葉	３７．８	２．３５	１６．１

キャベツ	４６．８	３．２６	１４．３
スイートコーンクズ	４７．３	１．４３	３３．１
カボチャクズ	３８．６	２．６４	１４．６
ごはん	５０	１．２	４１．７
メロン	５０	１．３	３８．５
野菜クズ（キャベツ）堆肥	４３．８	２．８０	１５．６

コンポスト化に最適な炭素／窒素比は２０～３０と言われており、実用上は２０～４０程度の管理で十分である。炭素が若干高い方がアンモニアの揮散が少なくなり、アンモニア臭気の発生を抑えることができると考えられる。

実態調査から次のことが分かった。

- 生ごみ保管による住環境（悪臭）と衛生環境（害虫・害獣）が阻害されており、生ごみの保管は極力短時間にする必要がある。
- 生ごみの炭素／窒素比は４０程度でありコンポスト化に必要な条件は満たし、炭素／窒素比の調整用資材の添加は特に必要としない。

また、コンポスト時の悪臭抑制と良質な堆肥をつくるためには、可能な限り新鮮な生ごみが望まれる。

これらのことから、各家庭で生ごみの発生直後に処理できるコンポスト方式が最適と考え、発酵用の容器を考案した。これが TAKAKURA HOME METHOD（略称：THM）である。また、生ごみを家庭で分別保管したものをコンポストセンターに収集運搬しコンポストする方法として考案したのが TAKAKURA SUSUN METHOD（略称：TSM）である。

4-1-2 TAKAKURA HOME METHOD（略称：THM）

各家庭で生ごみをコンポスト化する方法である。

言葉では次のように表現できる。

「好気性発酵によるコンポストボックス。通気性の確保と害虫の侵入を防ぐ構造とし、NM(Native Microorganism 地域に生息する発酵菌群)により、衛生的で簡単に良好な生ごみのコンポスト化が短期間で可能」

インドネシアの年間最低気温が 22 度、最高気温が 35 度程度、年平均気温 28～29℃の気候は年間を通じてコンポスト化に適しており、適切な技術の導入により、住民が実施しても簡単でしかも失敗のほとんどないコンポスト化が可能である。また、各家庭でコンポスト化ができれば、生ごみを新鮮なうちに処理でき、良質な堆肥化とともに快適な住環境(腐敗と悪臭)と衛生面(ハエ・蛆虫・ねずみ・病原性細菌等)の向上に繋げることができる。

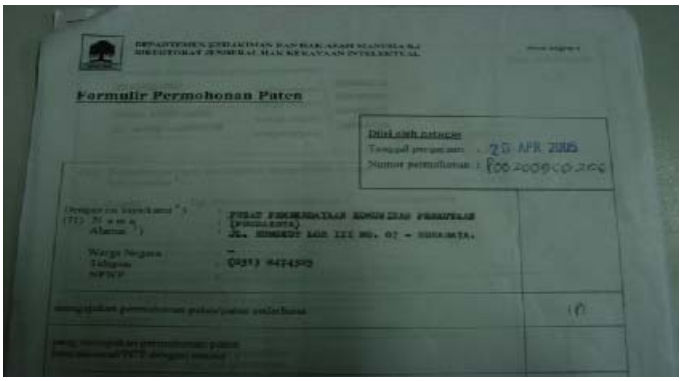
現地技術として定着・拡大できるように配慮し、以下の点を特徴とする。

① 各家庭設置型で台所などの家の中にも置くことができる。
② シンプルテクノロジー・ローエネルギーシステムである。
③ ボックスの大きさは内容積 60 ﾘｯﾄﾙ(30×42×60Hcm)で人が持ち運びできる。
④ 全ての面において通気性が高く、簡単に好気性発酵がなされる。
⑤ 害虫(ハエ・ゴキブリ)、ねずみが侵入しない構造である。
⑥ 生ごみ投入してかき混ぜるだけで翌日にはほとんど形がなくなっている。
⑦ ボックスの管理状態が良好であれば臭気は発しない。
⑧ 現地の汎用品を活用しローコスト化と継続性を持つ。

設備的には次のものから構成され、操作はいたってシンプルなものである。

① 市販の通気性の良いプラスチックボックス(通気性と害虫等の侵入が防止できる構造であればよい)
② 側面にダンボール（通気性あり）をセットする。(通気性の確保とミズアブ等の害虫の卵管の侵入が阻止できればよい。例えばカーペットなど)
③ 底面には過剰水分吸収用のモミガラ袋を敷く。
④ 内部には発酵菌(できあがり堆肥でも可)を入れる。
⑤ 蓋の部分には虫除け用ネットがついている。
⑥ 生ごみが発生する毎にこのボックスに入れよく混ぜ込む。
⑦ 生ごみは包丁やハサミなどでできるだけ細かくする。

なお、TAKAKURA HOME METHOD についてはその技術を提供した NGO 団体 PUSUDAKOTA がインドネシア政府に申請してローカル・パテント を取得した。



インドネシア国特許(2005 年 4 月 20 日取得)

写真－9　THM の外観

写真－10 THM 取り扱い説明

写真－11　家庭で取り組む THM

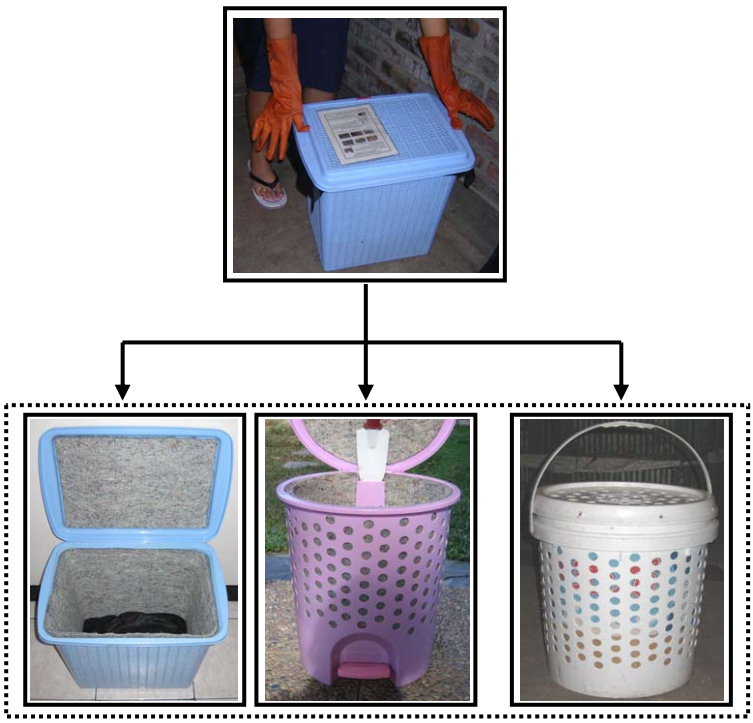
写真－12 生ごみ投入の翌日の様子

地域によってはプラスチックバスケットよりも竹製かごの方が安価に入手できる場合もあり、カゴの選択適用範囲は広い

写真－13　竹かご利用の THM

写真－14 竹かご THM 発酵の様子

THM 改良版もあり、内部段ボールの耐久性を向上させるため及び上部の防虫ネットを不要にするため再生カーペット張りにしたり、蓋の開け閉めを容易にするため足踏みの蓋開閉式にしたりしているが、基本技術は共通である。



写真－15　改良が加えられる THM

4-1-3 TAKAKURA SUSUN METHOD（略称：TSM）＋New WINDROW 方式

設置スペースが無い等を理由として THM を導入できない家庭については、生ごみを家庭で分別保管したものをコンポストセンターに収集運搬しコンポストすることになる。1～3 回/週程度の頻度で生ごみを回収するため、生ごみは既に腐敗し悪臭やうじ虫が発生したり病原性細菌の繁殖の恐れがあったりするので、通常の堆積発酵方式(OPEN WINDROW 方式)では対応できなかった。これを解消する方式として考案したのが TSM＋New WINDROW 方式である。“SUSUN”とはインドネシア語で積み重ねるという意味である。

言葉では次のように表現できる。

「既に嫌気性発酵(腐敗)が始まっている有機物を急激な温度上昇とともに適正な好気性発酵に導くコンポストコンテナと適正な堆積発酵の組み合わせ。急激な温度上昇にともない必要となる酸素を確実に供給しできるコンポストコンテナの積み上げとその後の堆積発酵を組み合わせ、NM(Native Microorganism 地域に生息する発酵菌群)により、衛生的で簡単に良好な生ごみのコンポスト化が短期間で可能」

TSM は現地技術として定着・拡大できるように配慮し、以下の点を特徴とする。

① ローテクノロジー・ローエネルギーシステムである。
② コンテナの大きさは内容積４６ﾘｯﾄﾙ(３０×３３×４７Hcm)で人が持ち運びできる。
③ 全ての面に通気性が有り、攪拌(切り返し)せずに酸素の供給ができる。(堆積発酵の場合表面から内部に向かって 30cm までは通気性が確保されるといわれている)
④ 小規模単位で管理し、適切な容積重管理ができる。(容積重は０．５kg/ﾘｯﾄﾙを目安とする・堆積発酵の場合、圧密が掛かり底面部分は容積重値が大きくなる)
⑤ それぞれのコンテナごとの臭気対策ができる。
⑥ 通気性を確保して、コンテナの積み上げ・集積ができる。

設備的には次のものから構成され、操作はいたってシンプルなものである。

① 市販のプラスチック製コンテナ容器内容積(積み上げが可能)
② コンテナ内に害虫侵入防止用ビニール製穀物袋をセットする。
③ 生ゴミと多量の NM を混合したものを入れる。(基本的には１：１)
④ コンテナ容器を積み重ねる。
⑤ コンテナ容器の上面に椰子殻繊維マットを置く。
⑥ そのまま放置し、急激な温度上昇が終わり温度が５０℃程度まで下がり発酵が落ち着くまで待つ。

生ごみを保管中に腐敗しており、ハエの卵の産み付けやうじ虫の発生があるため、悪臭が発生しやすく、うじ虫などの害虫や不必要な細菌類の増殖を抑えたい期間(初期の２日間)は TAKAKURA SUSUN METHOD を利用する。すなわち、NM を利用して適正な好気性発酵に強制的に転換させるとともに、既に産み付けられた卵や腐敗菌などの死滅化・不活性化を図る。

その後、既存技術である堆積発酵法(OPEN WINDROW 方式)を改良した New WINDROW 方式により発酵を継続させる。既存の OPEN WINDROW 方式は単に積み上げ、1～2週間に 1 回攪拌し放置するだけであった。ここでは、コンポストコンテナから取り出した発酵物を破砕機により細かく破砕した後、40～60%となるよう水分調整する。これを堆積高さ0．6m～1．5m と管理して保温効果と圧密による空隙減少の防止を図り、2日に 1 回攪拌するものである。この時必ず温度計測と水分調整を行う。

既存のコンポストセンターでは OPEN WINDROW 方式によりコンポストの完了までに悪臭と害虫などの発生をともないながら3ヶ月必要であったが、TSM＋New WINDROW 方式の適用により、悪臭や害虫などの発生もなく、衛生的に10～14 日間でコンポストが完成している。

写真－16　TSM による発酵

写真－17 TSM 後の破砕

写真－18　TSM 後の破砕物

写真－19 New WINDROW 方式

4-1-4　環境改善と社会的利益

(1) 達成された環境改善

①　生ごみのコンポスト化による減量化とコンポストという資源への転換

・　住民の協力により大部分が自発的に自ら生ごみ減量化と資源化に取り組む

各家庭からの生ごみ排出量 500g/世帯・日*とすると年間生ごみ削減量は次のように計算できる。

年間生ごみ削減量＝500g/世帯・日*×365＝18，250g/世帯・年≒180kg/世帯・年

(*2004 年度 カンポン（比較的低所得なコミュニティー）内の生ごみ排出量調査結果)

生ごみからのコンポスト化率を20％とすると年間のコンポスト製造量(含水率30％)は次のように計算できる。

年間コンポスト製造量＝180kg/世帯・年×0.2＝36kg/世帯・年

2006 年 12 月時点では THM は 7,000 セット普及しており、次のように計算できる。

年間生ごみ削減量＝180kg/世帯・年×7，000世帯＝1，260t/年

年間コンポスト製造量＝36kg/世帯・年×7，000世帯＝252t/年

スラバヤ市政府が4年後にスラバヤ市全域約 60 万世帯(300 万人)のうち、20 万世帯(100 万人)に普及する計画で普及拡大したとすると次のように計算できる。

年間生ごみ削減量＝180kg/世帯･年×200，000世帯＝36，000t/年

年間コンポスト製造量＝36kg/世帯･年×200，000世帯＝7，200t/年

② 住民の分別収集とリサイクル意識の向上

・ 特に TAKAKURA HOME METHOD を利用すると排出者がコンポスト化できるもの(有機物)と異物(主にプラスチック、金属、ガラス等)とに自然に分別できるようになり、コンポスト化と同時にゴミ分別の環境教育が行われることになる。このことは、別に述べる“ごみバンク活動”導入に当たっての呼び水的な側面持ち、スムーズな導入が可能となった。

③ コンポスト時の臭気・汚水問題の解決

・ TAKAKURA HOME METHOD は新鮮な生ゴミを排出すると同時に処理できるので腐敗せず臭気は発生しない。また、使用者自らが臭気を発しないように工夫することになる。

・ TAKAKURA SUSUN METHOD は腐敗しているような生ゴミについても悪臭を発生せず、好気発酵に転換することができる。

・ コンポストセンターでは既存方法のように多量の水を散水することは全くしないため無排水化が図られている。

④ コンポスト時のエネルギー使用量が少ない。

・ コンポストセンターで破砕機を使用するが、発酵に係る微生物活動が活発になるような環境を整えるだけであり、機械的な操作はほとんど生じない。

⑤ 生ごみを不法投棄や野焼きをしなくなった。

• ごみの不法投棄は悪いことであると認識していても、ごみが家庭内に溜まってしまうと捨てていた。これに対し、生ごみコンポストという明確で有効な方法が提示できたことにより、取り組み家庭では不法投棄や野焼きをしなくなった。

(2) 達成された社会的利益

① 住環境における衛生状態の改善

・ 平均気温が 28～29℃と高く、生ゴミの廃棄と同時に腐敗が始まるが、THM では排出すると同時に処理するため、臭気発生、ハエ・うじ虫・ゴキブリ等の害虫発生、ネズミ等の害獣発生が抑制され、住民の健康増進に寄与する。

・ 生ゴミコンポスト化に取り組んでいるコミュニティー全体の臭気は改善されている。

・ コミュニティーの住環境改善により、住民の衛生・健康への関心が高まっている。

・ 子供の病気が少なくなっている

② 地域住民のネットワーク構築

・ 生ゴミコンポストへの取り組みという共同活動により、コミュニティー内での繋がり

が密になっている。

- また、目に見えて住環境の改善効果が表れており、自分たちの取り組みの成果を肌身を持って感じ、住民同志の結束感が強まる。
- 生ゴミコンポスト化がベースに地域の活性化が図られる。
- コミュニティーベースでの生ゴミコンポスト化をツールに、地域の NGO とコミュニティーとの連携を深めることができる。

③ 社会的弱者の社会参画(福祉)

- 職の無いお年寄りは現金収入も無く日々の暮らしに困っていたが、コミュニティーの援助により 5 台の THM を借り受け、生ごみコンポスト化に取り組めないでいる家庭から生ごみを集めコンポスト化に取り組んでいる。できあがったコンポスト(余剰コンポスト)は Rp.1,000/kg で販売でき、現金収入を得ることができるようになり、TAKAKURA HOME METHOD が生活の糧となった。
- 言葉や耳が不自由な方や精神を病んでいる方については、生きる気力が萎えていたが、TAKAKURA HOME METHOD による生ごみコンポスト化は自分でもできることが分かり、コミュニティーの皆と同じように取り組み始め、生きる目的が明確になり、コミュニティー活動に参加するなど社会参画が実現できた。

4-1-5 経済性評価

コミュニティーで展開できるコンポスト処理量

スラバヤ市で実際に展開している Rungkut 地区では、地元の NGO 団体 PUSUDAKOTA(プスダコタ)がコンポストセンターを設置し、コミュニティーの 1200 世帯を対象として生ごみ堆肥処理を実証試験として運営・管理しており、これを事例として経済性を評価した。

処理する生ごみの量

スラバヤ市のコミュニティーから排出される生ごみは平均して 500g/日・世帯であり、

500g/日・世帯×1200 世帯=600kg/日

すなわち、コンポストセンターの管理の下、直接的にまたは間接的に 0.6t/日(比重 0.3 換算 2m^3/日)の生ごみをコンポスト処理することになる。

PUSUDAKOTA が展開するコンポスト処理方式

(1) 各家庭でのコンポスト処理(間接的な処理)

① TAKAKURA HOME METHOD の利便性を感じコンポスト容器を購入・設置している世帯数はスラバヤ市全域で約 7,000 世帯であり、3.5t/日の生ごみが各世帯で異物が分別され、衛生的に良質なコンポスト処理がなされている。時間の経過とともに増えたコンポスト(余剰コンポスト)は、家庭での植木や野草栽培のコンポストとして使用することもできるし、コンポストセンターに売却することも可能である。コンポストセンターでは、コンポスト容器の定期的なメンテナンスとして周辺住民に対して 1 回/4 ヶ月程度の頻度で巡回点検し、必要に応

じて回収メンテナンスを実施する。コンポストセンターに回収されたコンポストは、後に説明する生ごみ処理時の発酵菌として使われ、完熟コンポスト化後に出荷される。

(2) コンポストセンターでのコンポスト処理(直接的な処理)

① TAKAKURA HOME METHOD 用コンポスト容器を設置することができない PUSDAKOTA の周辺地域 1,050 世帯では、分別保管された生ごみを他のごみとともに PUSDAKOTA が 3 回/週の頻度で定期的に回収する。コンポストセンターで裁断後、発酵菌と混合し TAKAKURA SUSUN METHOD と OPEN WINDROW を併用してコンポスト化する。混合後の最初の 2 日間は急激な好気発酵が生じ多量の酸素を必要とするため TAKAKURA SUSUN METHOD を使用し、その後微生物の活動の落ち着きとともに温度が低下してくるので OPEN WINDROW により発酵を継続させ、10 日間でコンポストとして出荷する。

(3) コンポストセンターを中心とするコミュニティ 1200 世帯で製造されるコンポスト量

生ごみコンポストの製造は次のようになる。

①家庭から排出される生ごみの水分率;75%

②TAKAKURA HOME METHOD による生ごみのコンポスト化実施世帯数;150 世帯

③コンポストセンターに直接搬入される生ごみを出す世帯数;1050 世帯

④コンポストセンターでの生ごみのコンポスト化率;50%(TAKAKURA HOME METHOD によるコンポスト化率:70% (発酵途中のため))

⑤コンポストできあがり時の水分率;30%

⑥各家庭からの生ごみ排出量;500g/日(比重 0.3 とすると 1.67L)

⑦コンポストセンターでのコンポストできあがり量

500g/日・世帯×(1−0.75)×0.5÷(1−0.3)≒90g/日・世帯

⑧コンポストセンターを中心としてコミュニティー1200 世帯で製造される年間コンポスト量

1050 世帯×90g/日・世帯＝94.5kg/日

94.5kg/日×365 日/年＝34.5t/年

ただし、TAKAKURA HOME METHOD に取り組む世帯のうち 50%が余剰コンポストを自家消費するので、

150 世帯×0.5(50%)×90g/日・世帯＝6.75kg/日

6.75kg/日×365 日/年≒2.46t/年　したがって合計 34.5t＋2.46t≒37t/日

なお余剰コンポスト搬入時の重さは、2.46t/年÷0.5×0.7＝3.4t/年

⑨コンポストセンターを中心としてコミュニティー1200 世帯で取り扱う生ごみ量

1200 世帯×1.67L/日・世帯＝2.0m^3/日

2.0m^3/日×365 日/年≒730m^3/年

コンポストセンターの施設と設備類

(1) 施設と設備類

① 用地;コンポストセンターとして使用している面積 190m^2 とする。(Rp. 152,000,000)

土地価格 Rp. 800,000/ m^2 (スラバヤ市の地価 Rp. 600,000～1,000,000 の平均を使用)

② 建物;生ごみの受け入れ、コンポスト処理、コンポスト出荷および管理ができる建物として面積 160m^{2}とする。(Rp. 8,000,000)

建設費 Rp. 50,000/ m^2

③ 整地;用地全体を整地し囲いをする。面積 190m^{2}とする。(Rp. 7,600,000)

整地費 Rp. 40,000 / m^2

④ 給電工事;電灯3ヶ所、コンセント内 2 ヶ所、外1ヶ所(Rp. 175,000)

電灯 Rp. 100,000、コンセント Rp. 75,000

⑤ 給水工事;25mm 口径の給水管を設置する。(Rp. 1,500,000)

Rp. 1,500,000

⑥ 備品類費;事務机、機材・工具等の経費(Rp. 24,810,000)

破砕機 Rp.12,500,000、コンポスト袋詰機 Rp. 450,000、ショベル Rp. 50,000、フォーク Rp. 50,000、

SUSUN バスケット Rp. 70,000/個×16 個＝Rp. 1,120,000 くわ Rp. 50,000、篩 Rp. 150,000、計算機 Rp.900,000.、ホワイトボード Rp.1,800,000、机 Rp.2,400,000、椅子 Rp.540,000、道具棚 Rp.4,800,000

(2) コンポストセンター設置のための初期費用

表-2 コンポストセンター設置のための初期費用

項　　目	費用(Rp.)
用地費(190m^2×Rp.800,000/ m^2)	152,000,000
建物費(160m^2×Rp.50,000/ m^2)	8,000,000
整地費(190m^2×Rp.40,000/ m^2)	7,600,000
給電工事費	175,000
給水工事費	1,500,000
備品類費	24,810,000
合　計	194,085,000

コンポストセンターの運営

(1) 施設等の償却費

コンポストセンター設置のための初期費用に対し土地は 30 年間の定率償却 3.3%、他を 20 年間の定率償却 5%とする。金利負担については今後のインドネシア国の経済発展によるインフレ等を考慮し加味しないこととした。

(2) コンポストセンターの運営費

1. 経費

⑦ 余剰コンポスト買い取り費(Rp. 1,020,000)

3.4t/年×Rp.300/kg＝Rp.1,020,000

⑧ 製造コンポスト販売時の 5L ビニール袋の費用(Rp. 863,450)

年間販売数量(全体の約 10 分の1を袋売り)　37t/年÷0.3kg/L÷5L÷10≒2,467 袋

5L ビニール袋費　2,467 袋×Rp.350/袋＝Rp.863,450

⑨ 製造コンポスト販売時の輸送費(Rp. 3,700,000)

1 回当り 1t のコンポストをトラックに載せて輸送する。(市内往復)

37t/年×Rp. 100,000/t＝Rp.3,700,000

⑩ 人件費 (Rp. 15,000,000)

施設の運営と生ごみ収集運搬・各家庭のメンテナンスを実施する。

コンポスト技師1名 Rp.750,000/人・月×12 ヶ月＝Rp. 9,000,000

作業員1名　　Rp.500,000/人×12 ヶ月＝Rp. 6,000,000

⑪ 管理費 (Rp. 1,560,000)

管理、技術、販売、補助的サービスは④が当る

ノート Rp. 120,000、ペン Rp. 60,000、マーカーRp. 180,000、通信代 Rp. 1,200,000

⑫ 補修費(Rp. 80,000)

建物関係の 1.0%の費用がかかるとする。

Rp.8,000,000×0.01＝Rp.80,000

2.収入

① 製造コンポスト販売費 (Rp. 26,270,400)

製造コンポストの 1/10 程度を 5L 袋詰めとし、残りをバラ売りとする。

5L 袋年間販売数量　37t/年×1/10÷0.3kg/L÷5L≒2,467 袋/年

販売費　2,467 袋/年×Rp.1,200/袋＝Rp.2,960,400/年

バラ売り量 37,000kg/年－2,467 袋×5L×0.3kg/L＝33,300kg/年

販売費　33,300kg/年×Rp.700/kg＝Rp.23,310,000 /年

総販売費　Rp.2,960,400/年＋Rp.23,310,000 /年＝Rp.26,270,400 /年

② TAKAKURA HOME METHOD 販売利益(Rp. 500,000)

容器の耐用年数を 3 年とすると年間 50 個の販売となる。

50 個×Rp.10,000/個＝Rp.500,000

③ TAKAKURA HOME METHOD メンテナンス費(Rp. 135,000)

4 ヶ月に 1 回メンテナンスを実施する。

150 世帯×Rp.300/世帯・回×3 回/年＝Rp. 135,000

表-3 コンポストセンターに係る費用

項　　目	年間経費 (Rp)
(1)用地・建物等の償却費	
①用地費(3.3%)	5,016,000
②建物費(5.0%)	400,000
③整地費(5.0%)	380,000
④給電工事費(5.0%)	8,750
⑤給水工事費(5.0%)	75,000
⑥備品類費(5.0%)	1,240,500
計	7,120,250
(2)ユーティリティ	
①電気代(実績)	2,070,000
②水道代(実績)	150,000
③燃料代(破砕機軽油)	720,000
③雑費(消耗品類:実績)	875,000
④補修費(建物関係(1.0%)	80,000
計	3,895,000
(3)人件費	
①コンポスト技師1名	9,000,000
②作業員１名(生ごみ収集運搬含む)	6,000,000
計	15,000,000
(4)管理費	
①事務費	1,560,000
計	1,560,000
総　計	27,575,250

表-4 コンポストセンターの収入と支出(1200 世帯対応)

項　　目	金 額(Rp /年)
(1) 収入	
①製造コンポスト販売	26,270,400
②TAKAKURA HOME METHOD 販売利益	500,000
③TAKAKURA HOME METHOD メンテナンス費	135,000
計	26,905,400
(2) 支出	
①コンポストセンターに係る費用	27,575,250
②余剰コンポスト買い取り費	1,020,000
③販売ビニール袋代	863,450
④製造コンポスト販売時の輸送費	3,700,000
計	33,158,700
(1) 収入－(2) 支出	△ 6,253,300

生ごみ処理に係る社会コスト

(1) 生ごみ処理費用

スラバヤ市行政が要している生ごみ処理費用は次のようになる。

スラバヤ市から排出される廃棄物は 8,700m^3/日であり、そのうちの 45%が生ごみである。

スラバヤ市の年間廃棄物処理費用は Rp.90,000,000,000 であり、生ごみ 1 m^3 当りの処理費は次のように計算される。

Rp.90,000,000,000/年÷8,700m^3/日÷365 日/年≒Rp.28,500/ m^3

NGO 団体 PUSUDAKOTA(プスダコタ)が 1200 世帯を対象として生ごみ堆肥処理を実証試験として運営・管理している生ごみ処理量 730m^3/年を行政が実施したときのコストは次のように計算される。

730m^3/年×Rp.28,500/ m^3＝Rp.20,805,000/年

(2) 廃棄物処分場建設費用

Benowo 最終処分場を例に計算すると次のようになる。

建設費は Rp.65,000,000,000 であり、廃棄物 8,700m^3/日を 5 年間受け入れ可能とする。(2002 JBIC 調査時の残余年数推定値から予測)

Rp.65,000,000,000÷8,700m^3/日÷365 日/年÷5 年≒Rp.4,100/ m^3

NGO 団体 PUSUDAKOTA(プスダコタ)が 1200 世帯を対象として生ごみ堆肥処理を実証試験として運営・管理している生ごみ処理量 730m³/年を行政が実施したときのコストは次のように計算される。

730m³/年×Rp.4,100/ m³＝Rp.2,993,000/年

コミュニティーで展開できるコンポスト処理の経済性についての考察

ここではコミュニティーで実際に展開している 1200 世帯対象とした実証試験レベルに近いスケールで経済性評価を行った。

コンポストセンターが独立して運営する場合、約 Rp.7,033,300/年の予算超過となる。また、コンポストセンターで処理する生ごみ量については、スラバヤ市行政が負担する生ごみ処理に係る社会コストは低減され、次のように示すことができる。

生ごみ処理費用＋廃棄物処分場建設費用＝Rp.20,805,000/年＋Rp.2,993,000/年

＝Rp.23,798,000/年

この金額を加味すると

△Rp. 6,253,300/年＋Rp.23,798,000/年≒Rp.17,544,700/年

となり、Rp. 17,544,700/年のコスト減となる。

ちなみに本事業でコンポストセンターを運営している PUSDAKOTA については、用地は大学から提供、備品のうち破砕機は政府からの寄贈、建物関係及び備品類の半額はKITAからの提供となっているため、年間 Rp.6,380,625 の負担が軽減されている。したがってスラバヤ市行政の社会コストを考慮しなくても、経営が成り立っていることがわかる。

4-2 中規模コンポストセンター

4-2-1 現地に適したコンポスト方式の導入

野菜市場から排出される野菜屑をコンポスト化する中規模コンポストセンターに適したコンポスト方式を導入するために地元 NGO とともに最適条件を検討した。

現地技術として定着・拡大できるように配慮し、また、雇用創出の場として活用できるように機械化せずに人力主体のコンポストセンターとして運営できる技術を提供した。

1箇所のコンポストセンターで10m³/日の野菜屑を効率良く短期間でコンポスト化する方法を確立しなければならない。このため予備試験と本試験の 2 回に分けた最適条件確立試験を実施した。

4-2-2 文献調査

堆肥原料としての野菜屑の成分について、日本での分析事例を調査した。現地野菜のパクチョイのデータは無いため、コマツナ、ハクサイを参考とし、にんにくの薄皮はタマネギを参考とした。

表-5 野菜屑の成分								(%)
原　料	水分	全炭素	全窒素	炭素率	リン酸	カリ	カルシウム	マグネシウム
		T-C	T-N	C/N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
キャベツ	85	46.8	3.26	14.3	1.15	4.82	1.73	0.44
コマツナ	89	39.3	3.82	10.3	1.82	9.25	3.41	0.74
ハクサイ	88	41.0	3.62	11.3	1.80	11.0	4.70	1.00
タマネギ	81	49.7	1.21	41.1	0.50	1.09	1.89	0.32
ニンジン	73	48.5	1.55	31.3	0.70	4.16	0.69	0.18
キャベツ堆肥	--	43.8	2.80	15.6	2.80	7.50	1.70	0.80
モミガラ	10	34.6	0.36	96	0.16	0.39	0.04	0.04

出典；神奈川県農政部農業技術課発行 未利用資源堆肥化マニュアル 1997 年

市場からの排出はキャベツが主体であり、その他として葉物野菜やにんにくの薄皮が加わる程度であると想定される。コンポスト原料の炭素／窒素比(炭素率)は３０内になると考えられ、窒素分が多い傾向にあり、コンポスト中に若干のアンモニアの揮散があると考えられた。また、できあがるコンポストは表中のキャベツ堆肥が参考になり、炭素率が低くカリ(K_2O)の多いコンポストと予想された。

4-2-3 予備試験

野菜屑を破砕する効果の確認、コンポスト化期間(目標 7 日間)の確認、水分調整(40～60%)方法の確認、切り返しのタイミングの確認、コンポスト化対象とならない野菜屑の確認、通気性確保の確認などを行うため予備試験を実施した。

写真－20　NM と野菜屑の混合

写真－21 野菜屑の破砕

写真－22　堆積(WINDROW)状態

写真－23 温度測定の様子

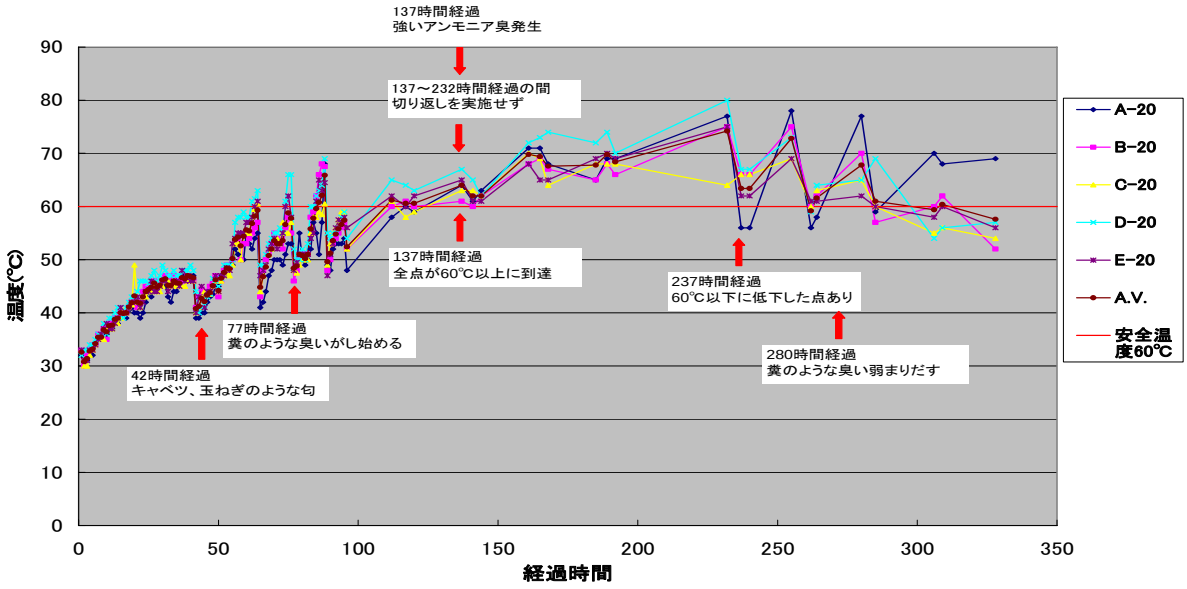


図-1　コンポストの経過時間と温度（例）

写真－24　水分用サンプル採取

写真－25 水分用サンプルの乾燥

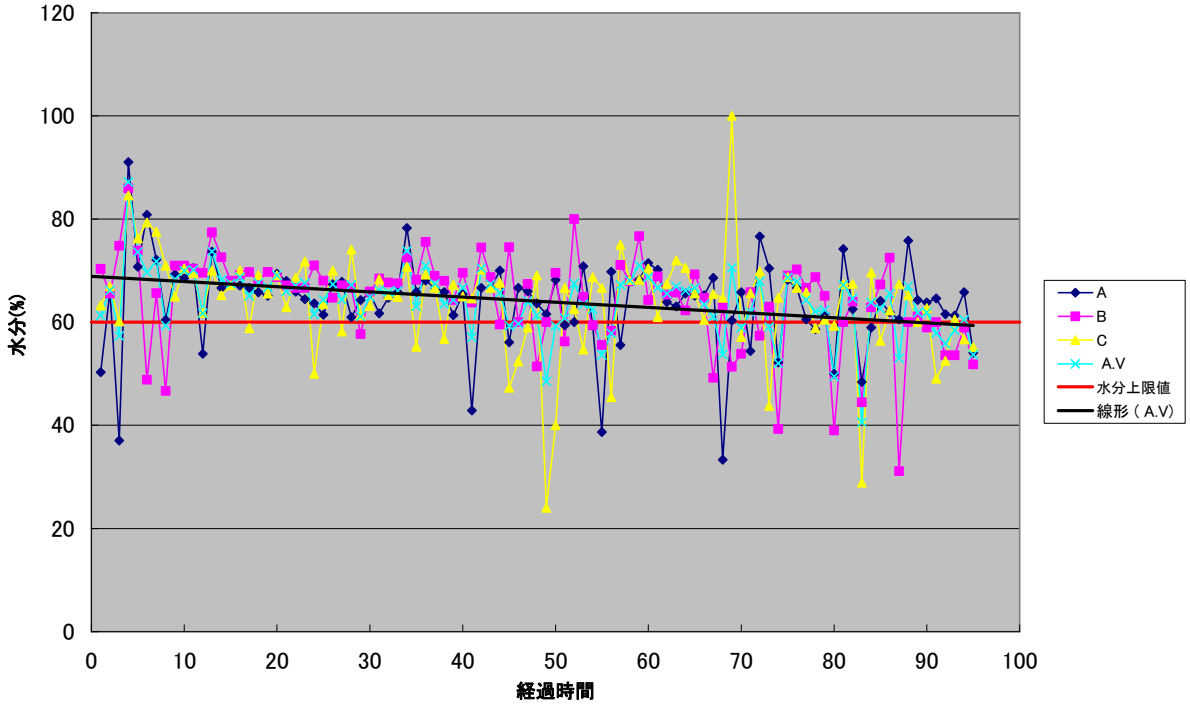


図-２　野菜屑破砕試験　経過時間と水分

写真－26　表面から 15cm 深さまで
好気性菌繁殖(白い部分)

写真－27 菌の繁殖状態から内部が
嫌気性になっている

写真－28　未破砕は分解に時間が必要

写真－29 難・易分解野菜屑の分別

4-2-4 本試験

予備試験の結果をもとに短期間でのコンポスト化に不向きな野菜屑を対象外として、野菜屑とNMの最適な混合比の確認、温度上昇の確認、コンポスト化期間(目標7日間)の確認、水分調整(50～60%)の確認、切り返しのタイミングの確認などを行った。

写真－30　破砕の様子

写真－31 発酵箱へのセット

写真－32　発酵試験開始

写真－33 各条件の pH の確認

写真－34　得られた混合比による WINDROW の成形

写真－35 温度計

写真－36　状態確認とサンプリング

写真－37 ガス検知管による臭気計測

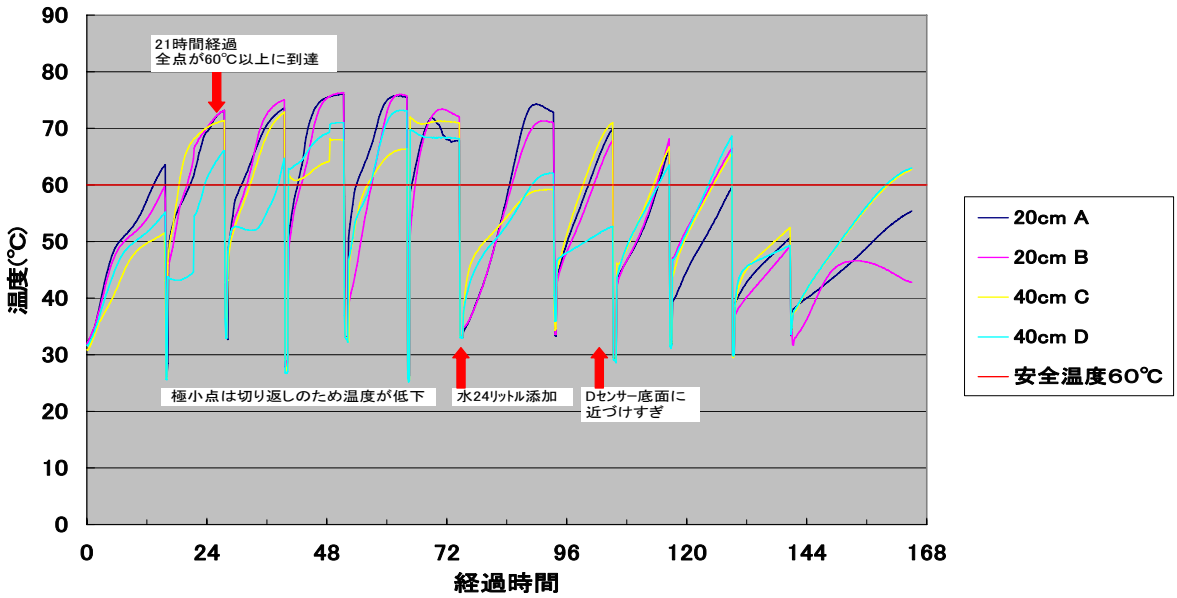


図-3　経過時間と温度(例)

4-2-5 New WINDROW 方式

試験により得られたコンポスト手順を次に示す。発酵用の菌 NM との混合比、破砕、成形方法、切り返し頻度、水分、温度などを管理することにより、悪臭と汚水の発生も無く、7 日間の短期間で良質コンポスト化が可能となった。

野菜屑を受け入れる。

① 野菜屑：NM(戻し堆肥)＝1：1 の割合で混合する。
② 破砕機で破砕する。
③ 椰子柄マットの上で WINDROW 型に成形し堆積発酵する。

（1 日目の作業）

④ 翌日、温度を計測してから横のスペースへ移動に移動する。(温度が 60℃以下のときは移動時に米ぬかを混ぜる)(2～7 日目の作業)
⑤ 広げて乾燥する。(8 日目の作業)
⑥ できあがった堆肥の出荷と一部戻し堆肥として利用

この方式により野菜市場横で野菜屑のコンポストモデルプロジェクトがスタートし、そのパイロットプラントの成功を受けてスラバヤ市は独自予算で60m^{3}の全量を堆肥化できるコンポストセンターを6箇所に建設することとし、現在4箇所が稼働している。

写真－38　切り返し時の水蒸気

写真－39 他地点で運営される
コンポストセンターでの破砕

写真－40　他地点で運営される
コンポストセンター

写真－41 他地点で運営される
コンポストセンター

4-2-6 環境改善と社会的利益

(1) 達成された環境改善

① 野菜市場の野菜屑コンポスト化による減量化とコンポストという資源への転換

・ 市場組合がスラバヤ市行政と協力して野菜屑の減量化と資源化に取り組む

コンポストセンターの建設・運用（計画含む）により、コンポスト化による野菜屑の削減量は次のように計算できる。

$60m^3$/日 ×0.5t/m^3×365 日/年＝10,950t/年

野菜屑からのコンポスト化率を10％とすると年間のコンポスト製造量(含水率30％)は次のように計算できる。

年間コンポスト製造量＝10,950t/年×0.1＝1,095t/年

現在、スラバヤ市行政当局が推進している“グリーン・クリーンキャンペーン”の一環として市内の公園及び街路樹など緑化が整備され、増設・既存の緑地帯へのコンポストの需要は多く、製造が追いつかない状況である。緑地の増設が落ち着いても定期の施肥にコンポストは利用され、年間製造量以上の需要は見込まれる。

② 住民の生ごみコンポストへの取り組み意識の向上

・ 野菜市場横で展開するコンポストのパイロットプラントは市民が目にする機会も多く、注目度も高い。そのため、スラバヤ市行政と市場組合の野菜屑コンポスト化による減量化と資源化への取り組み姿勢が実感として伝わり、市民への環境教育施設としての機能を発揮している。

③ コンポスト時の臭気・汚水問題の解決

・ 野菜市場から当日排出される野菜屑を新鮮な状態で当日コンポスト化するため、腐敗せず臭気は発生しない。

・ 既存方法のように多量の水を散水することは全くしないため無排水化が図られている。

④ コンポスト時のエネルギー使用量が少ない。

・ 野菜屑を $10m^3$/日処理できる中規模コンポストセンターではあるが、機械化によるコンポスト化ではなく人力中心のため使用エネルギーは少ない。

⑤ 野菜屑を遠方の最終処分場に運搬・埋め立て処分する必要がなくなった。

- 最終処分場の延命化が図られている。
- トラックによる運搬過程に生じる排気ガス、騒音、交通渋滞の緩和が図られている。

(2) 達成された社会的利益

① 雇用の創出

・ コンポストセンターが６箇所建設され雇用の場が創出された。

１箇所当たり６名が従事しており合計３０名の作業者が働く。

② 地域の核施設としての機能

・ 近い将来近隣の住民から出る生ごみのコンポスト化も取り入れる計画であり、現在一部でそ

の取り組みが開始されている。

③　農作物等の有機栽培の促進

・ 高品質のコンポストは肥料や土壌改良としての効果が高く、高品質コンポストを安定して供給できるので有機栽培への取り組みを促進する。

④　遊休地・遊休施設の活用

・ スラバヤ市行政が所有する未利用の土地や建物をコンポストセンターとして有効に活用している。

4-2-7 経済性評価

中規模コンポストセンターで展開できるコンポスト処理の経済性

スラバヤ市で実際に展開している Keputran 市場横にはパイロットプラントとしてコンポストセンターを設置し、毎日野菜屑を4m^3 コンポスト化している。これを事例として経済性を評価した。

処理する生ごみの量

1 日の処理量を中規模コンポストセンターの計画値10m^3/日とする。

10m^3/日×0.5t/m^3＝5t/日

コンポスト化期間は 7 日間とする。

(1) 中規模コンポストセンター製造されるコンポスト量

コンポストの製造は次のようになる。

① 野菜屑の水分率;85%

② コンポストセンターでの野菜屑のコンポスト化率;50%

③ コンポストできあがり時の水分率;30%

④ コンポストセンターでのコンポストできあがり量

5t/日×(1－0.85)×0.5÷(1－0.3)≒0.54t/日

0.54t/日×365 日/年＝197t/年

コンポストセンターの施設と設備類

(1) 施設と設備類

⑬ 用地;コンポストセンターとして使用している面積 330m^2 とする。(Rp. 264,000,000)

土地価格 Rp. 800,000/ m^2 (スラバヤ市の地価 Rp. 600,000～1,000,000 の平均を使用)

⑭ 建物;生ごみの受け入れ、コンポスト処理、コンポスト出荷および管理ができる建物として面積 280m^2 とする。(Rp. 14,000,000)

建設費 Rp. 50,000/ m^2

⑮ 整地;用地全体を整地し囲いをする。面積 330m^2 とする。(Rp. 13,200,000)

整地費 Rp. 40,000 / m^2

⑯ 給電工事;電灯 6 ヶ所、コンセント内 4 ヶ所、外 2 ヶ所(Rp. 350,000)

電灯 Rp. 100,000/3 ヶ所、コンセント Rp. 75,000/3 ヶ所

⑰ 給水工事;25mm 口径の給水管を設置する。(Rp. 1,500,000)

Rp. 1,500,000

⑱ 備品類費;事務机、機材・工具等の経費(Rp. 24,440,000)

破砕機 Rp.12,500,000、コンポスト袋詰機 Rp. 900,000、ショベル Rp. 150,000、

フォーク Rp. 150,000、くわ Rp. 150,000、篩 Rp. 150,000、計算機 Rp.900,000.、

ホワイトボード Rp.1,800,000、机 Rp.2,400,000、椅子 Rp.540,000、道具棚 Rp.4,800,000

(2) コンポストセンター設置のための初期費用

表-6 コンポストセンター設置のための初期費用

項　　目	費用(Rp.)
用地費(330m^2×Rp.800,000/ m^2)	264,000,000
建物費(280m^2×Rp.50,000/ m^2)	14,000,000
整地費(330m^2×Rp.40,000/ m^2)	13,200,000
給電工事費	350,000
給水工事費	1,500,000
備品類費	24,440,000
合　計	317,490,000

コンポストセンターの運営

(1) 施設等の償却費

コンポストセンター設置のための初期費用に対し土地は 30 年間の定率償却 3.3%、他を 20 年間の定率償却 5%とする。金利負担については今後のインドネシア国の経済発展によるインフレ等を考慮し加味しないこととした。

(2) コンポストセンターの運営費

1. 経費

① 製造コンポスト販売時の 5L ビニール袋の費用(Rp. 4,585,000)

年間販売数量(全体の約 10 分の1を袋売り) 197t/年÷0.3kg/L÷5L÷10≒13,100 袋

5L ビニール袋費　13,100 袋×Rp.350/袋＝Rp.4,585,000

② 製造コンポスト販売時の輸送費

コンポストセンターで販売する

③ 人件費 (Rp. 39,000,000)

施設の運営と生ごみ収集運搬・各家庭のメンテナンスを実施する。

コンポスト技師1名 Rp.750,000/人・月 ×12 ヶ月 ＝Rp. 9,000,000

作業員５名　　Rp.500,000/人×5 人×12 ヶ月＝Rp. 30,000,000

④ 管理費 (Rp. 1,560,000)

管理、技術、販売、補助的サービスは③が当る

ノート Rp. 120,000、ペン Rp. 60,000、マーカーRp. 180,000、通信代 Rp. 1,200,000

⑤ 補修費(Rp. 140,000)

建物関係の 1.0%の費用がかかるとする。

Rp. 14,000,000×0.01＝Rp. 140,000

2.収入

④ 製造コンポスト販売費 (Rp. 139,865,000)

製造コンポストの 1/10 程度を 5L 袋詰めとし、残りをバラ売りとする。

5L 袋年間販売数量　197t/年÷0.3kg/L÷5L÷10≒13,100 袋

販売費　13,100 袋×Rp.1,200/袋＝Rp15,720,000/年

バラ売り量 197,000kg/年－13,100 袋×5L×0.3kg/L＝177,350kg/年

販売費　177,350kg/年×Rp.700/kg＝Rp.124,145,000 /年

総販売費　Rp. 15,720,000/年＋Rp. 124,145,000 /年＝Rp.139,865,000 /年

表-7 コンポストセンターに係る費用

項　　目	年間経費 (Rp)
(1)用地・建物等の償却費	
①用地費(3.3%)	8,712,000
②建物費(5.0%)	700,000
③整地費(5.0%)	660,000
④給電工事費(5.0%)	17,500
⑤給水工事費(5.0%)	75,000
⑥備品類費(5.0%)	1,222,000
計	11,386,500
(2)ユーティリティ	
①電気代(ｺﾐｭﾆﾃｨｰｺﾝﾎﾟｽﾄｾﾝﾀｰ×2)	4,140,000
②水道代(ｺﾐｭﾆﾃｨｰｺﾝﾎﾟｽﾄｾﾝﾀｰ×2)	300,000
③燃料代((ｺﾐｭﾆﾃｨｰｺﾝﾎﾟｽﾄｾﾝﾀｰ×3)	2,000,000

③雑費(消耗品類: ｺﾐｭﾆﾃｨｰｺﾝﾎﾟｽﾄｾﾝﾀｰ×2)	1,750,000
④補修費(建物関係(1.0%)	140,000
計	8,330,000
(3)人件費	
①コンポスト技師1名	9,000,000
②作業員5名	30,000,000
計	39,000,000
(4)管理費	
①事務費(ｺﾐｭﾆﾃｨｰｺﾝﾎﾟｽﾄｾﾝﾀｰ×1)	1,560,000
計	1,560,000
総　計	60,276,500

表-8 コンポストセンターの収入と支出

項　　目	金　額(Rp /年)
(1) 収入	
①製造コンポスト販売	139,865,000
計	139,865,000
(2) 支出	
①コンポストセンターに係る費用	60,276,500
②販売ビニール袋代	4,585,000
③製造コンポスト販売時の輸送費	0
計	64,861,500
(1) 収入－(2) 支出	75,003,500

生ごみ処理に係る社会コスト

(1) 生ごみ処理費用

市場組合が負担しており、その負担のほとんどはなくなると考えられる。

仮にスラバヤ市行政が要している生ごみ処理費用分を負担していると考えるとは次のようにな

る。

スラバヤ市の生ごみ 1 m^3 当りの処理費は Rp.28,500/ m^3 であり、中規模コンポストセンター1 箇所当たりの処理量は 3,650m^3/年であり、コストは次のように計算される。

3,650m^3/年×Rp.28,500/ m^3＝Rp.104,025,000/年

(2) 廃棄物処分場建設費用

Benowo 最終処分場を例にした建設費は Rp. Rp.4,100/ m^3 であり、中規模コンポストセンター1 箇所当たりの処理量は 3,650m^3/年であり、コストは次のように計算される。

3,650m^3/年×Rp.4,100/ m^3＝Rp.14,965,000/年

中規模コンポストセンターで展開できるコンポスト処理の経済性についての考察

10m^3/日のコンポスト能力を持つ中規模コンポストセンターが独立して運営する場合、Rp. 75,003,500/年の収益が確保できると計算できる。公的な施設として遊休地・遊休施設の活用等を加味するとさらに収益力は向上する。

また、市場組合がスラバヤ市に支払う廃棄物処分費 Rp.104,025,000/年が必要なくなるため、これを加味すると次のように示すことができる。

Rp. 75,003,500/年＋Rp.14,965,000/年＝Rp.89,968,500/年

さらに社会的コストとなる廃棄物処分場建設費用を加味すると次のように示すことができる。

Rp.89,968,500/年＋Rp.14,965,000/年≒Rp.104,933,000/年

中規模コンポストセンターの運営は経済的にも成立し、「環境ベネフィット」「社会ベネフィット」「経済ベネフィット」の得られるすばらしい手法であることが分かった。

中規模コンポストセンターの設置と運営が望まれる。

4-3 コミュニティーのおけるごみバンク活動

THM を利用した生ごみ堆肥化を実施しているコミュニティーにおいて、さらにごみ量を減量するために生ごみ以外のリサイクル可能物の分別収集をモデルケースとして 50 世帯を対象に開始した。THM により生ごみとそれ以外の分別について住民達の知識が高く、分別について新たに取り組む地域と比較して導入は容易であった。また管理を NGO が行っているため、住民への PR 活動も円滑であった。ただし、住民自らの活動として定着させることが大切である。課題として、すでに有価物の回収を行っているスカベンジャーとの住み分けが上げられる。ごみバンクシステムを導入するには、彼らの雇用を考慮していく必要がある。例えば、コンポストセンターの作業や生ごみなどの回収などの仕事が上げられる。

住民側としては、スカベンジャーによる有価物の回収はごみをあさる状態のため、他のごみの散乱を招き、好ましくないと感じていた。そのため適切な回収システムが構築でき、加えて住民への利益が生じるならば、その導入は容易であることが判明した。この場合の利益とはリサイクル可能物を売り払うことによる収入である。今回のモデル事業で売り払ったものについての実績を参考として下記に掲載する。

表-9 モデル地区(51 世帯)における収入一覧表

期間:December 2006 年 12 月～2007 年 2 月

種類		重さ(kg)	金額(kg 当り)	収入	コミュニティへの還元
紙	白	20.72	Rp 1,200	Rp 24,864	Rp 18,648
	色付	7.325	Rp 400	Rp 2,930	Rp 2,198
	新聞	20.425	Rp 800	Rp 16,340	Rp 12,255
	ダンボール	50.756	Rp 700	Rp 35,529	Rp 30,454
	混合	80.75	Rp 250	Rp 20,188	Rp 12,113
プラスティック	ケース	12.86	Rp 500	Rp 6,430	Rp 5,144
	ビニール袋	15	Rp 500	Rp 7,500	Rp 6,000
	包装用	5.8	Rp -	Rp -	Rp -
プラスティックボトル	ペットボトル	40.56	Rp 1,500	Rp 60,840	Rp 48,672
	グラスタイプ	70	Rp 100	Rp 7,000	Rp 5,250
金属	鉄	0.352	Rp 1,500	Rp 528	Rp 422
	アルミニウム	0.1	Rp 8,000	Rp 800	Rp 700
	銅	0	Rp 7,000	Rp -	Rp -
	亜鉛	7.6	Rp 600	Rp 4,560	Rp 3,800
合計				**Rp 187,509**	**Rp 145,655**

堆肥化活動とこのごみバンク活動により、住民から出るごみのうち約 85%はリサイクルが可能となり、約15%のみ処分が必要となることが判明した。

4-4 コミュニティー・NGO・行政の役割と利益

4-4-1 コミュニティーの役割

ごみ問題は自らが深く関係する事項であり、その解決には自らの行動が鍵を握ると認識する必要がある。そのためには、得られた正確な情報とその共有化をもとに実践活動に取り組む必要があると考える。

具体的には次の事項が実施されていた。

① 婦人会組織の機能が発揮され、意識啓発、THMの取り扱いについて情報交換、自らによる問題点の解決と改善が図られている。

② コミュニティー組織の機能が発揮され、転入者に対する環境意識の啓発、婦人会組織の活動をバックアップしている。

③ THMによる生ごみコンポスト化が、自らの住環境・衛生環境向上に繋がる活動になっている。

④　THMによる生ごみコンポスト化を通じて、社会的弱者の社会参画が図られている。

4-4-2 NGO の役割

ごみ問題解決はステークホルダー共通の命題であり、特に行政と対峙するのではなく、得意分野を生かした問題解決の手法が必要である。そのためには、行政が不得手であり NGO の持ち味が生かすことのできる分野、コミュニティー住民と直接対話する啓発活動・実践活動に取り組む必要があると考える。

具体的には次の事項が実施されていた。

①　生ごみと直結する住民への啓発として、コミュニティーに直接深く入り込み信頼を得ている。

②　生ごみ堆肥化はNGOとコミュニティー（市民）を繋ぐ有効なツールとして活用されている。

③　行政との連携が必要であると理解でき、NGOと行政の連携がスムーズに図られている。

④　NGOのミッションを果たすため、社会貢献活動に真摯に継続的に取り組んでいる。

⑤　日本から提供されたコンポスト化技術を的確に取得し、他地点への普及（技術移転）を図るための教育・啓発を含むセンター機能を発揮している。

⑥　特にコミュニティーに対しては住民がベネフィットを得ることができるシステム・情報を提供することができている。

4-4-3 行政の役割

ごみ問題の解決は市民生活から事業者など多岐に渡る課題であり、市民だけ、事業者だけなどの個々のステークホルダー単位での活動には限界がある。そのため、各ステークホルダーが、方針・目的・目標を共有したうえで問題解決に当たらなければならない。そのためには、ごみ問題解決を行政の重要施策として位置付け、行政の強力なリーダーシップのもと、各ステークホルダーに明確にハード・ソフト両面の手法を提示しながら取り組む必要があると考える。

具体的には次の事項が実施されていた。

①　廃棄物埋め立て処分場の残余年数が逼迫しており、ごみ処理問題解決は至上命題であり、生ごみコンポスト化は重要案件として位置づけて取り組んでいる。

②　ワークショップ・セミナーの開催を通じ、行政の下位組織（村長・組長）に対し、生ごみコンポスト化の取り組みについて的確な命令・指導がなされ、住民の啓発に努めている。

③　THMを購入できない家庭については事情に応じ、コミュニティー単位による生ごみコンポストプロポーザルによる補助制度（無償または助成）を設け、取り組みを促進している（4 年後には 20 万世帯の普及を目指す）。

④　海外からの技術協力の折衝窓口は開発計画局が担当し、実作業が美化局の担当となるが、部局間の調整・連絡はスムーズに実施されている。

⑤　NGOとの連携が必要であると理解でき、行政とNGOの連携がスムーズに図られている。

⑥　生ごみコンポスト化(THM)は行政とコミュニティー（市民）を繋ぐ有効なツールとして活用

されている。

⑦ 野菜市場横のモデルコンポストセンターは市民への環境教育・啓発活動としても利用されている。

⑧ 製造されたコンポストはフルに活用されている。

⑨ 特にコミュニティーに対しては住民がベネフィットを得ることができるシステム・情報を提供することができている。

4-4-4 コミュニティー・NGO・行政の利益

コンポストを核として「コミュニティー」、「NGO」及び「行政」が個々の利益を得られ、かつ、それぞれの間で「Win－Win の関係」が構築されている。そして、これは生ごみコンポスト化の継続発展について、各ステークホルダーが協働できる仕組みができあがったと言える。

(1) 個々の便益

① 行政

- 廃棄物減量化という行政目標の達成に効果的な取り組みである。
- 廃棄物処理費が低減されている。
- 他都市(国内外)に対して生ごみ減量化・資源化の先行成功事例としての認知とネットワークが拡大している。
- 運営するコンポストセンターの効率化と収益性の改善が図られている。

② コミュニティー

- 住環境・衛生環境の向上が図られている。
- 家庭で作られたコンポスト(余剰コンポスト)を自分の庭で利用したり、付加価値の高い薬草栽培による販売やNGOの買い取りにより収入が得られている。
- 共通の話題と目標ができコミュニティー内の結束力が強くなっている。

③ NGO

- NGO のミッションの達成に効果的な取り組みである。
- 運営するコンポストセンターの効率化と収益性の改善が図られている。
- 他都市(国内外)に対して生ごみ減量化・資源化の先行成功事例としての認知とネットワークが拡大している。
- THM 製造や生ごみ堆肥化コンサルティングなどの業務を受注している。

(2) ステークホルダー間の便益(Ｗｉｎ－Ｗｉｎ)

① 行政とコミュニティー（市民）

- 市民参加型の廃棄物の減量化が図られている。
- 市民の環境意識が向上している。
- 市民が行政施策に協力している。
- THM の補助制度など廃棄物行政サービスが向上している。街美化が図られている。

- 行政が運営するコンポストセンターの環境が改善されている。
- 雇用の場(コンポストセンター)が創出されている。
- 社会的弱者の社会参画が図られている。

② 行政とNGO

- NGOのミッションに関係する行政施策の計画立案・実行に参加している。
- 協働事業の実施により良好な関係が構築できている。
- 行政の不得手とする市民との直接的な係わりをNGOが実施するなど、NGOが行政サービスを補完している。

③ NGOとコミュニティー

- 協働事業の実施により良好な関係が構築できている。
- NGOによる市民からのコンポストの買い取りが可能である。
- 買い取ったコンポストは取り扱いやすく、NGOのコンポストセンターで付加価値の高い高品質化が図られる。
- NGOが運営するコンポストセンターの環境が改善されている。
- 仕事の場(THMの資機材製作)や雇用の場(コンポストセンター)が創出されている。

別紙に「コミュニティー・NGO・行政のベネフィット関係図」を示す。

4-5 他都市への適用

スラバヤ市で展開している生ごみコンポスト化技術については、「単なる設備の提供・技術協力で終わるのではなく、地域の人達が持続できるシステム、地域に定着する技術協力を行う。」ことを念頭に置いた技術的展開が図られてきた。すなわち「ローエネルギー・ローコスト・シンプルテクノロジーな技術」「地域の気候風土・習慣を考え、資機材は全て現地調達するなど地域のアイデンティティ、文化を尊重する」ことである。また、コンポスト化の要となる発酵菌についても、地域の発酵食品等など全てその地域に存在する菌・微生物「NM(Native Microorganism)」を利用する。これらのことから適用範囲は広く、インドネシア共和国のように気温の高い熱帯から亜熱帯地域においては、その導入は十分可能であると考える。また、スラバヤ市では7000セット以上配布されたTHMによる市民レベルでの生ごみ堆肥化の取り組み、コミュニティーのコンポストセンター及び中規模コンポストセンターの運営により、生ごみの減量化・資源化がなされている。この取り組みは他都市(他国を含む)で展開するうえで、成功事例として非常に参考になる。現にデンパサール市、ジャカルタ市、スマラン市、タラカン市などではNGO等の活動によりTHMによる生ごみ堆肥化に取り組んでいる。

図－4 コミュニティー・NGO・行政のベネフィット関係図